ChinaXiv合作期刊

心理学报 2018, Vol. 50, No.2, 186−196
Acta Psychologica Sinica DOI: 10.3724/SP.J.1041.2018.00186

强弱语义语境下的否定句加工机制*

陈广耀[1,2] 何先友[2] 刘 涛[1]

([1]暨南大学新闻与传播学院/媒体国家级实验教学示范中心(暨南大学), 广州 510632)
([2]华南师范大学心理应用研究中心/心理学院, 广州 510631)

摘 要 2 个眼动实验分别探讨强弱语义语境下的否定句加工机制, 以便考察语言理解是命题表征的过程还是经验模拟的过程, 抑或是二者兼具。在实验中, 被试首先听句子(强语义语境：如"胳膊不是弯曲的"的备择选项为"伸直的胳膊", 其中"弯曲−伸直"为具有反义关系的强语义连接关系; 弱语义语境：如加工"裙子不是蓝色的"的备择选项为"黑色的裙子", "蓝色−黑色"为弱语义连接关系), 然后会看到 4 张同时呈现的图片, 被试的任务是按键选择与句子描述匹配的图片。结果发现, 在强语义语境条件下, 被试在早期(201~600 ms 时窗)对描述事件否定状态的图片(弯曲的胳膊)与描述事件实际状态的图片(伸直的胳膊)的注视概率没有差别, 晚期(601 ms 后)仅对描述事件实际状态的图片的注视概率更高; 弱语义语境条件下, 被试在早期(401~600 ms)仅对描述事件否定状态的图片(蓝裙子)注视概率更高, 晚期(801 ms 后)仅对描述事件实际状态的图片(黑色裙子)注视概率更高; 并且, 都对描述事件否定状态的图片的注视概率低于随机水平。结果支持符号依存假设和抑制假设。

关键词 否定; 语境; 符号依存假设; 两步模拟假设; 锚激活与限制满足模型
分类号 B842

1 前言

语言理解是命题表征的过程还是经验模拟的过程一直是心理语言学家热议的话题, 其中, 争议的焦点之一便表现在对否定句加工机制的解释上(Horn, 2001; MacDonald & Just, 1989; Zanuttini, 1997)。当前, 有两种解释否定句加工机制的理论, 一种是命题理论, 属于第一代认知理论; 另一种是经验模拟假设, 从属于具身认知理论, 属于第二代认知理论。命题理论和经验模拟假设的支持者均提供了大量的实验证据, 但是都无法完全否定对方(Xiang, Grove, & Giannakidou, 2016; Kaup, Lüdtke, & Zwaan, 2006; Déprez, Tubau, Cheylus, & Espinal, 2015)。当前, 越来越多的单一理论支持者开始支持命题理论和经验模拟假设的理论融合, 用更加综合的理论视角来解释否定句的加工机制(de Vega, Glenberg, & Graesser, 2008; 陈广耀等, 2014a; 陈广耀, 张维, 陈庆, 赵雪汝, 何先友, 2014b; 何先友, 陈广耀, 胡玲, 2010)。

单一解释倾向的理论有命题理论(propositional theory, Kintsch & van Dijk, 1978)和经验模拟假设(experiential-simulations view, Barsalou, 1999)。命题理论认为语言符号具有任意性, 与人类的身体经验和知觉状态没有对应关系, 语言理解意味着构建其相应的命题表征; 否定作为一种语言算子(operator)可以被外显的表征(高志华, 鲁忠义, 2009; 陈广耀, 陈颖心, 邓玉梅, 何先友, 2016)。基于命题理论, 研究者提出了"图式加标签模型" (schema-plus-tag model, Carpenter & Just, 1975; Clark & Chase, 1972; Fiedler, Walther, Armbruster, Fay, & Naumann, 1996; Rubaltelli & Slovic, 2008)来解释否定句加工机制。模型认为, 加工否定句(如"胳膊不是弯曲的")时,

收稿日期: 2016-07-21
* 广东省自然科学基金博士科研启动项目(2017A030310536):"命题表征 or 经验模拟？来自否定句加工机制的证据"; 广东省哲学社会科学'十三五'规划项目(GD16XXW01); 中央高校基本科研业务费专项资金资助(17JNQN022); 2015 教育部重点研究基地心理应用研究中心课题"文字符号否定与图形符号否定的加工机制：来自多方法的汇集证据"(15JJD190005)资助。
通讯作者: 何先友, E-mail: xianyouhe@163.com; 陈广耀, E-mail: ccggyy86@163.com

chinaXiv:202303.08517v1

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202303.08517v1

理解者会首先表征否定信息(弯曲的胳膊)，即图式，然后将否定标签“不是”整合进表征；否定标签与相应的肯定表征(弯曲的胳膊)可以在语言加工后发生分离，加工否定句的结果就是在理解者头脑中保持以下四类信息的激活，分别是事件实际状态、否定标签、事件否定状态和因为表征事件否定信息所激活的相关信息，也因此支持保存假设(retention hypothesis, Giora, 2006; Giora, Fein, Aschkenazi, & Alkabets-zlozover, 2007; Giora, Heruti, Metuki, & Fein, 2009)。Hasson 和 Glucksberg (2006)的研究为图式加标签模型和保存假设提供了实验证据支持。在研究中，Hasson 首先给被试呈现肯定句和否定句，如“我的律师是/不是一条鲨鱼”，间隔 150、500 或者 1000 ms 后，给被试呈现与事件否定状态或者实际状态一致的探测词，如肯定相关词“恶毒的”和否定相关词“绅士的”。结果发现，在 150 ms 和 500 ms (早期阶段)间隔条件下，被试对肯定相关词的反应时快于否定相关词；而在 1000 ms (晚期阶段)间隔条件下，被试对两类探测词的反应时没有差异。结果支持图式加标签模型和保存假设。经验模拟假设来源于与命题理论相对立的知觉符号系统理论(perceptual symbols system)。该理论认为，人类的认知、思维和语言根植于感觉运动系统，语言理解的本质是读者建立与所阅读的文本相一致的心理模型，是对语言所描述的情境的再次经历。否定作为一种语义逻辑算子只能被内隐地表征(崔如霞，高志华，唐艺琳，何皓璠，鲁忠义，2016；高志华，鲁忠义，马红霞，2011; Zwaan, Stanfield, & Yaxley, 2002; Zwaan & Taylor, 2006)。基于该理论，Kaup 等人提出了两步模拟假设(two-step simulation hypothesis, Kaup & Zwaan, 2003; Kaup et al., 2006)来解释否定加工机制。假设认为，否定加工是一个过程，理解者会首先模拟事件的否定状态，然后模拟事件的实际状态。如加工“胳膊不是弯曲的”，理解者首先会模拟一个“弯曲的胳膊”，然后模拟一个“伸直的胳膊”；此外，在晚期理解者已经不需要继续保持对“弯曲的胳膊”的模拟，因此支持抑制假设(suppression hypothesis)。Kaup 等人的研究为两步模拟假设和抑制假设提供了证据支持。Kaup, Lüdtke 和 Zwaan (2005)采用句子图片核证范式来考察否定句的加工机制，实验中首先给被试呈现句子“X 在/不在 Y 的上面/下面”，然后间隔 0 ms 或者 1500 ms 后给被试呈现探测图片，被试的任务是判断图片中的物体是否在句子中提到过。结果发现，在 0 ms 间隔条件下，被试对与事件否定状态匹配的图片反应更快；而在 1500 ms 间隔条件，被试对与事件实际状态匹配的图片反应更快。此外，Kaup 等(2006)同样采用句子图片核证范式，采用的否定句如“The door is not open”，间隔 750 ms 或者 1500 ms 后呈现探测图片“opened door”或者“closed door”。结果发现，在 750 ms 间隔条件，被试对两类图片的反应时没有差异；而在 1500 ms 间隔条件，被试对“closed door”的反应快于对“opened door”的反应。结果支持两步模拟假设和抑制假设。综合分析以上两种解释，支持命题理论的研究所采用的语料较为抽象，易于进行命题符号加工，且难以进行模拟加工，因此强调语言符号在语言理解中的作用，支持保存假设；而支持经验模拟假设的研究采用的实验材料比较具体，容易进行模拟加工，强调心理模拟在语言理解中的作用，支持抑制假设。

当前越来越多研究者开始寻求命题理论和经验模拟假设的理论融合，其中有双重编码理论(Dual coding theory, Paivio, 1971), LASS 理论(Barsalou, 1999)和符号相互依存假设(symbolic interdependency hypothesis, de Vega et al., 2008; Louwerse & Jeuniaux, 2008)。符号相互依存假设认为语言理解是命题表征与知觉模拟共同作用的结果，二者貌似相互排斥，实则相互依存(Louwerse, 2010；陈广耀等, 2014a)。该假设认为，语言可以编码整个世界，大脑中的知识是由语言符号及其指代物构成的，并且在语言符号与指代物之间、语言符号与语言符号之间和指代物与指代物之间都具有不同强度的连接关系；这样就形成了符号−指代物连接层、符号−符号连接层和指代物−指代物连接层。不同连接类型之间和同种连接内部的连接强度存在差异，如在符号−符号连接层中，反义词对(伸直−弯曲)之间的连接强度就高于非反义词对(蓝色−黑色)之间的连接强度。这些差异也就导致了在语言理解过程中，命题符号加工和知觉模拟所起作用的大小是不同的。在加工否定句时，如果基于语境可以获得事件的结果状态，理解者就会进行模拟加工；如果无法获得确定的结果状态，则会进行命题符号加工。为了解释所有否定句的加工机制，陈广耀等人(2014a)基于符号相互依存假设提出了锚激活与限制满足模型(anchor-based activation and satisfaction constrained model, ABASM)。该模型认为当加工否定句时，理解者会首先激活锚，即事件的否定状态，然后以锚为中心向其周围的记忆节点进行激活扩散与搜索，如果语

ChinaXiv合作期刊

境提供事件的结果选项，那么被试就会进行模拟加工，模拟事件的实际状态，抑制对事件否定状态的模拟，支持抑制假设；如果语境无法提供事件的结果选项，或者不允许理解者进行充分搜索，被试就会进行命题符号加工，接受“NOT X”为事件的最终状态，因为保持对事件否定状态的表征，支持保存假设。如加工否定句“胳膊不是弯曲的”，理解者会首先模拟锚，即事件的否定状态“弯曲的胳膊”，然后基于锚进行扩散搜索，如果基于语境能够模拟事件的实际状态“伸直的胳膊”，那么就接受对事件实际状态的模拟作为否定句加工的结果；并且对事件否定状态“弯曲的胳膊”的模拟已经无用，会被抑制。如果给不同否定句都提供事件的结果选项，那么他们的加工差异就体现在扩散搜索的过程中。换句话说，加工不同语义连接强度的否定句会因为语义连接强度的差异产生加工过程的差异。比如，由于“伸直−弯曲”之间的连接强度大于“蓝色−黑色”之间的强度，所以相对于加工弱语义连接否定句“裙子不是蓝色的”，加工强语义连接否定句“胳膊不是弯曲的”会在更早阶段模拟事件的实际状态。即加工 “胳膊不是弯曲的”，被试可能在早期就完成对结果状态“伸直胳膊”的模拟；而加工“裙子不是蓝色的”早期只会表征事件否定状态“蓝色裙子”，晚期才模拟事件的实际状态“黑色裙子”。

综上分析发现，三种解释之间存在两个争论焦点。第一个争论焦点表现在否定句加工的早期。命题理论和符号相互依存假设的意见一致，二者都认为描述事件否定状态的概念与描述事件实际状态的概念之间的连接强度会影响否定句的加工过程，即概念与概念之间的连接强度越大，被试就越早通达事件的实际状态。如加工强语义连接否定句“胳膊不是弯曲的”表示胳膊是伸直的，“弯曲”与“伸直”之间的强语义关系会促使理解者在早期表征“伸直的胳膊”，而加工弱语义关系否定句“裙子不是蓝色的”，早期只表征“蓝色的裙子”，晚期才能通达事件的实际状态(黑色裙子)。而两步模拟假设认为不管概念与概念之间的语义强度关系有多强，被试在早期都是首先模拟事件的否定状态；第二个争论的焦点在否定句理解的晚期。如果给被试提供事件的结果状态，理解者是否会仅仅保持对事件实际状态的激活，进而抑制对事件否定状态的模拟。命题理论认为激活某一概念的同时会共振激活与其相连接的其他概念，也就是说，被试在晚期仍然会保持对事件否定状态的共振激活，因此支持保存假设；而两步模拟假设和符号相互依存假设却认为在否定句加工的晚期，如果被试已经模拟了事件实际状态，那么保持对事件否定状态的模拟就无用了，所以理解者会抑制对事件否定状态的模拟，因此支持抑制假设。

为了验证三种解释的正确性，在研究材料选取方面，我们根据事件否定状态与实际状态之间的语义连接强度设置两类实验材料。第一类是强“符号−符号”连接层否定句，为了表述方便，我们称之为强语义连接否定句。如否定句“胳膊不是弯曲的”，其中事件否定状态为“弯曲的胳膊”，事件实际状态为“伸直的胳膊”，符号−符号连接层为具有反义关系的“弯曲−伸直”；第二类是弱“符号−符号”连接层否定句，我们称之为弱语义连接否定句，如否定句“裙子不是蓝色的”，其中事件否定状态为“蓝色的裙子”，事件备择选项为“黑色的裙子”，符号−符号连接层为不具有反义关系的“蓝色−黑色”。在研究方法方面，我们借鉴陈广耀等人(2014b)的做法，采用能够对否定句加工过程进行实时测量的眼动追踪技术。为了表述方便，在否定句条件下，我们将与事件否定状态匹配的图片称之为 N 图片(negated picture)如图 1 中“弯曲的胳膊”图片；与事件实际状态匹配的图片称之为 T 图片(true picture)，如“伸直的胳膊”图片；与事件否定状态同一状态的控制图片称之为 NC 图片(negated control picture)，如“弯曲的道路”状态与 N 图片一致，都是“弯曲的”；单纯控制图片称之谓 C 图片(controlled picture)，如“自行车”图片。在肯定句条件，如对句子“胳膊是弯曲的”来讲，“伸直的胳膊”描述事件的一种备择选项，我们称之谓 A 图片(alternative picture)；“弯曲的道路”相应地被称为 AC 图片(alternative control picture)。

实验 1 和实验 2 分别考察强语义连接否定句和弱语义连接否定句的加工机制。本研究的逻辑为：(1)如果否定句的加工只是进行模拟加工，即符合两步模拟假设与抑制假设的预期，那么语义连接强度就不起作用。被试加工两类否定句时，在早期，都对 N 图片的注视概率要高于对 T 图片的注视概率(N > T)；在晚期，仅对 T 图片的注视概率更高(T > N)，且对 N 图片的注视概率低于随机水平(25%)。(2)如果否定句的加工只是进行命题符号加工，即符合图式加标签模型和保存假设的预期，那么语义连接强度就会起作用。被试加工强语义连接否定句时，会在早期表现出对 T 图片与 N 图片之间的注视概率

chinaXiv:202303.08517v1

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202303.08517v1

没有差异(T = N), 而加工弱语义连接否定句时, 会在早期表现出对 N 图片的注视概率高于对 T 图片的注视概率; 在晚期, 由于语言符号共振的作用保持对事件否定状态的表征, 从而表现出对 T 图片与 N 图片保持较高的注视概率(大于 25%), 且二者之间的注视概率没有差异(T = N)。(3)如果否定句的加工是模拟加工和命题符号加工共同作用的结果, 即符合符号相互依存假设的预期, 那么语义连接强度就会起作用。加工强语义连接否定句时, 由于强语义连接关系的辅助, 理解者可以快速表征事件的实际状态, 即在早期对 N 图片与 T 图片之间注视概率没有差异(T = N); 而加工弱语义连接否定句时, 理解者在早期只会模拟事件的否定状态, 即对 N 图片的注视概率高于对 T 图片的注视概率; 在晚期, 不论加工哪一类否定句, 理解者都会因为已经获得对事件实际状态的模拟而抑制对事件否定状态的激活, 即对 N 图片的注视概率低于随机水平或与无关图片没有差异。

2　实验 1: 强语义语境下的否定句加工机制

2.1　实验目的

采用眼动追踪技术考察强语义连接否定句(胳膊不是弯曲的)的加工机制。

2.2　研究方法

2.2.1　被试

华南师范大学 36 名(12 男, 24 女; 年龄 18 至 26 岁)汉语为母语的大学生自愿报名参与实验, 每名被试视听正常, 智力精神正常, 不戴框架眼镜。实验结束后, 每名被试可以获得 10 元人民币作为回报。

2.2.2　实验仪器

研究使用的眼动仪是 EyeLink 1000 系统, 采样率为 500 Hz, 试验中显示器的刷新率为 150 Hz。实验中, 被试双眼中线距离屏幕中央大约 70 cm。被试通过游戏手柄(反应延迟约 10 ms)来进行按键反应。其中, 被试左手和右手分别对应屏幕左侧或右侧两幅图片, 其中食指对应屏幕上方两幅图片, 大拇指对应屏幕下方两幅图片。实验数据由 Experiment Builder 和 Data Viewer 软件进行采集和分析, 这些软件与眼动仪硬件配套。

2.2.3　实验材料

实验共包括 42 组实验材料(23 组正式材料, 19 组填充材料)和 5 个 trial 的练习材料组成。每组材料包含两句肯定句和两句否定句(如: 肯定句: 胳膊是弯曲的/伸直的; 否定句: 胳膊不是弯曲的/伸直的)。音频材料和图片材料的制作与陈广耀等人(2014b)制作的方法一致。音频材料大约 2000 ms, 其中“胳膊是/不是”部分通过音频处理软件 Cool Edit 处理为 1200 ms。图片材料均为白色背景、黑色实物画。每屏呈现 4 张 256×192 像素的小图片。具体排列位置如图 1, 首先将整个屏幕平均划分为 8×8=64 个区域, 左上角图片(道路)占据第 2 行和第 3 行的第 2 和第 3 个方格; 右上角图片(自行车)处在同左上角图片基于纵向中线对称的位置; 同样下面两张图片处在与上面两张图片基于横向中线对称的位置。为了避免出现位置效应, 我们对四类图片的位置采用拉丁方平衡。在进行眼动数据分析时, 我们将每个图片所占据的 4 个小方格区域作为兴趣区。实验中, 句子与相应图片通过固定随机顺序呈现。

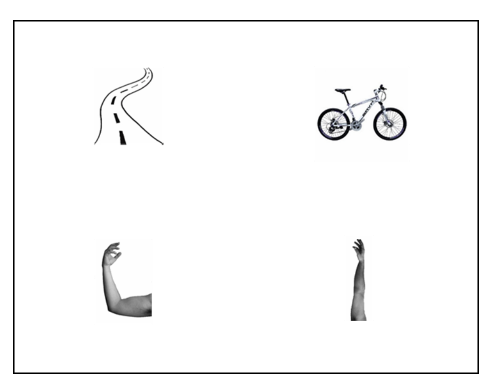


图 1　实验图片材料(与音频材料“胳膊不是弯曲的”匹配)

2.2.4　实验设计与程序

实验采用单因素被试内设计。在否定句条件下, 句子与图片存在四种水平的匹配关系(与事件否定状态匹配的图片, 与事件实际状态匹配的图片, 具有事件否定状态的控制图片和控制图片)。同时, 为了防止实验句式过于单一, 本研究在实验材料中增加了相应的肯定句。肯定句同四幅图片也存在四种水平的匹配关系(与事件实际状态匹配的图片/事件备选图片/具有事件实际状态的控制图片/控制图片)。因变量为被试对不同图片的注视概率和通过按键进行图片核证的反应时间和和正确率。

为了排除图片的熟悉度和复杂度等对被试眼动数据的影响, 在实验开始前, 主试要求被试学习实物图片及其名称, 测试其熟练掌握图片及其命名后才进行正式实验。在实验中, 句子通过语音播放 1200 ms (句子“胳膊是/不是”部分播放时间)后在屏幕上呈现 4 幅图片, 然后要求被试通过按键方式选

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202303.08517v1

择与句子描述相匹配的图片，图片在被试按键后消失。整个实验大约持续 20 分钟。

2.3 结果与分析

在数据正式分析前，首先剔除被试反应错误的试次和在不同实验条件下反应时超过 3 个标准差的试次。剔除的试次占总数据的 3.50% (否定句：2.05%；肯定句：1.45%)。统计检验发现两种句式之间基于被试分析差异显著，$F1(1, 35) = 5.49$, $MSE < 0.001$, $p = 0.025$, $\eta^2 = 0.136$; $F2(1, 45) = 1.39$, $MSE = 0.002$, $p = 0.244$。反应时数据显示：否定句(1835 ms)和肯定句(1448 ms)两种句式之间存在显著性差异，$F1(1,35) = 121.99$, $MSE = 22108.78$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.777$; $F2(1,45) = 220.18$, $MSE = 15281.98$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.830$。该结果与传统认为加工否定句需要更长的反应时间相符(Hasson & Glucksberg, 2006; Kaup et al., 2006; 何先友等, 2010)。

眼动数据的分析方法同陈广耀等人(2014b)，主要分析 200 ms 眼动准备期后的注视点数据。在不同句型条件下，被试对四类图片的注视概率曲线如图 2 和图 3。

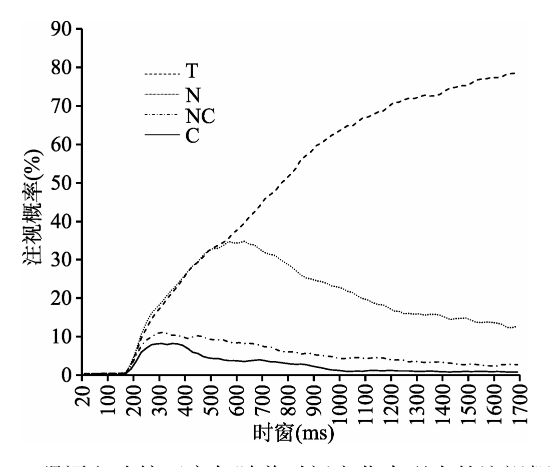


图 2 强语义连接否定句随着时间变化表现出的注视概率

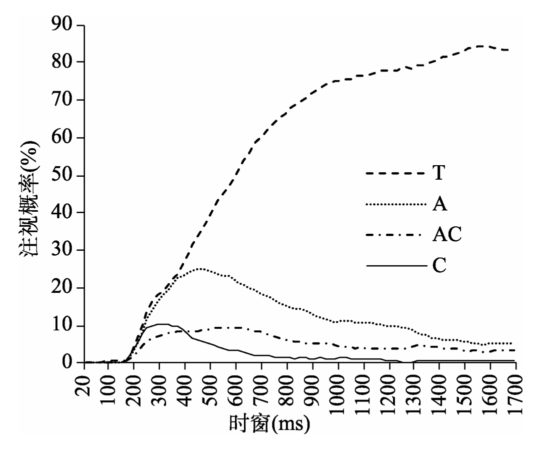


图 3 肯定句随着时间变化表现出的注视概率

为了能与前人研究结果相比较，在本研究同样采用 100 ms 作为一个时窗(Huettig & McQueen, 2007; 陈广耀等, 2014b)。首先对四类图片进行单因素被试内方差分析，结果发现，各个时窗的结果均达到显著水平($ps < 0.001$)，然后进行事后两两比较，具体结果见表 1。

对于否定句来说，由图 2 和表 1 可以发现：在 201~600 ms 时窗，被试对四类图片的注视概率数据模式为 T = N > NC > C；在 601 ms 以后时窗，四类图片注视概率的模式为 T > N > NC > C。从 1001 ms 开始对 N 的注视概率下降至随机概率(25%)以下。对于肯定句来说，由图 3 发现：在 201~400 ms 时窗，四类图片注视概率的模式为 A = T, A > AC, T > AC 且 C > AC；从 401 ms 开始，总体被试对四类图片的注视概率为 T > A > AC。

加工强语义连接否定句的结果显示，被试在早期对 N 图片和 T 图片的注视概率没有差异。该结果说明语义连接强度起了作用，被试在强语义连接的辅助下快速地模拟了事件的实际状态。早期的数据模式符合命题理论和符号相互依存理论的预期，而与两步模拟假设的预期不一致。晚期数据显示，被试从 601 ms 开始便对 T 图片的注视概率高于其他三类图片的注视概率，并且对 N 图片的注视概率从 1001 ms 开始低于随机概率。晚期的数据模式与两步模拟假设和符号相互依存假设的预测一致，即被试在表征了事件实际状态后，对事件否定状态的模拟已经无用，会被抛弃，支持抑制假设。综合分析早期和晚期的数据发现，加工强语义连接否定句符合符号相互依存假设的预期。

为了进一步考察弱语义连接否定句的加工机制，我们设计了实验 2。

3 实验 2：弱语义语境下的否定句加工机制

3.1 实验目的

采用眼动追踪技术考察弱语义连接否定句(“裙子不是蓝色的”)的加工机制。

3.2 研究方法

3.2.1 被试

华南师范大学 33 名(14 男，17 女；年龄 18 至 25 岁)自愿报名参加本实验，具体要求同实验 1。

3.2.2 实验材料

实验大部分言语材料与图片材料来源于陈广耀等人(2014b)，共 5 句练习材料与 74 组(正式材料

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202303.08517v1

表 1　强语义连接否定句条件下四类图片在不同时窗的注视概率(%)差异比较

时窗(ms)	*F*1(3,105)	*F*2(3,132)	*p* (T−N)	*p* (T−NC)	*p* (N−NC)	*p* (NC−C)
201~300	25.61	1.80	0.061/0.711	0.000/0.347	0.000/0.169	0.053/0.435
301~400	127.54	5.56	0.620/0.861	0.000/0.026	0.000/0.011	0.000/0.354
401~500	123.68	17.161	0.689/0.996	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.078
501~600	248.39	35.03	0.482/0.872	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.042
601~700	362.75	58.69	0.000/0.144	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.067
701~800	330.94	112.14	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.101
801~900	582.84	171.45	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.097
901~1000	1009.00	237.33	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.033
1001~1100	802.53	264.52	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.006
1101~1200	1580.00	335.80	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.024
1201~1300	1282.00	476.88	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.035
1301~1400	1287.00	501.62	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.032
1401~1500	1288.00	537.64	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.031
1501~1600	1171.00	551.92	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.000	0.001/0.039
1601~1700	1003.00	547.87	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.012

注：*p* (T – N)表示事后统计检验 T 图片与 N 图片之间差异比较的 *p* 值，其中 0.000 表示 $p < 0.001$;同理 *p* (T – NC), *p* (T – C), *p* (N – NC)分别表示不同图片之间事后检验的统计结果。

45 组，填充材料 29 组)实验材料。言语材料的句式同实验 1，均为“P 是/不是 Q”结构，如“裙子是/不是蓝色的”。音频材料共 2000 ms，其中(“裙子是/不是”)部分的持续时间处理为 1200 ms。图片材料与言语材料配套，实验图片样例如图 4 所示，蓝裙子为 N 图片，红裙子为 T 图片，蓝色移动硬盘为 NC 图片，围巾为 C 图片。



图 4　实验 2 实验材料

注：与言语材料“裙子不是蓝色的”匹配。彩图见电子版

3.2.3　实验设计与程序

实验采用单因素被试内设计。在否定句条件下，句子与图片存在四种水平的匹配关系(与事件否定状态匹配的图片，与事件实际状态匹配的图片，具有事件否定状态的控制图片和单纯的控制图片)。肯定句与图片存在四种水平的匹配关系(与事件实际状态匹配图片/事件备择图片/具备事件实际状态的控制图片/单纯的控制图片)。因变量为被试对不同图片的注视概率和通过按键进行图片核证的反应时间和和正确率。实验程序同实验 1，不同的是被试通过按键选择屏幕上的图片，其中左右中指按 A 键和 K 键，左右食指按 Z 键和 M 键，其中 A 键和 K 键分别对应屏幕上方两幅图片，Z 键和 M 键分别对应屏幕下方两张图片。

3.3　结果与分析

实验 2 的数据剔除方法同实验 1，剔除数据共占总 trial 数的 2.48%，其中否定句(1.76%)和肯定句(0.72%)两种句式之间差异显著，$F1(1,32) = 44.43$, $MSE < 0.001$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.581$; $F2(1,44) = 9.55$, $MSE = 0.001$, $p = 0.003$, $\eta^2 = 0.178$。被试对否定句的平均反应时为 1961 ms，肯定句为 1749 ms，二者存在显著差异，$F1(1,32) = 24.95$, $MSE = 29992.74$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.438$; $F2(1,44) = 16.92$, $MSE = 32080.32$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.278$。

眼动数据处理方法同实验 1。图 5 和图 6 表示四类图片在不同时刻的注视概率。

因为在本研究中只关心两两图片之间是否存在差异，所以进行数据分析时，首先对四类图片进行单因素被试内方差分析，结果发现，各个时窗的结果均达到显著水平($ps<0.001$)；然后进行事后两两比较。具体结果见表 2。

对于否定句来说，由图 5 和表 2 可以发现，在 401~600 ms 时窗，四类图片注视概率的模式为 N > T > NC。被试对 N 图片的注视概率高于对 T 图片的注视概率($ps < 0.05$)；从 801 ms 开始，四类图片

ChinaXiv合作期刊

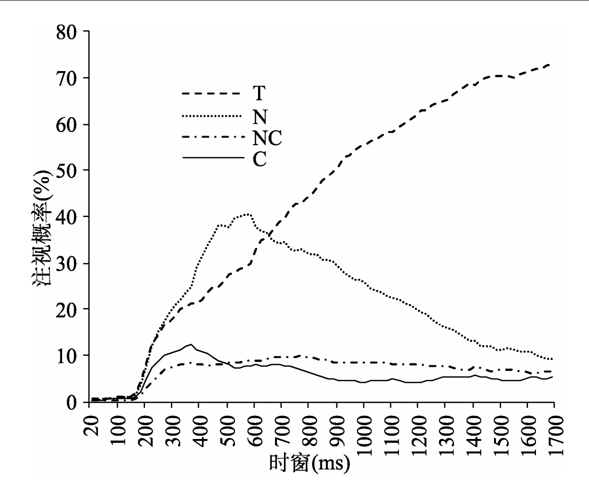


图 5 弱语义连接否定句随着时间变化表现出的注视概率

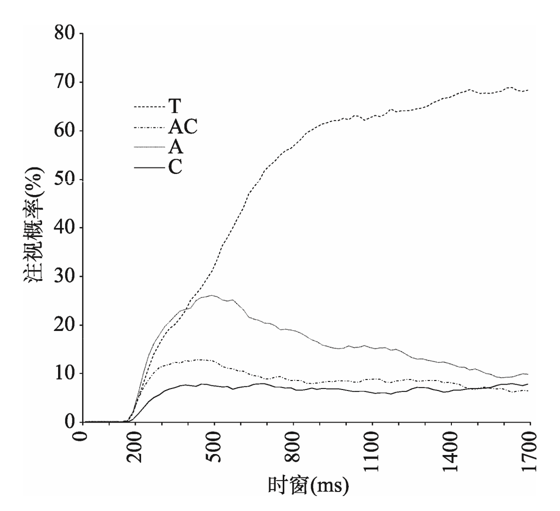


图 6 肯定句随着时间变化表现出的注视概率

注视概率的模式为 T > N > NC。在 701~1700 时窗，被试对 T 图片的注视概率高于对 N 图片的注视概率($ps < 0.001$)。从 1001 ms 开始被试对 N 的注视概率低于随机水平(25%)。对于肯定句来说，由图 6 发现被试在 201~400 ms 时窗，四类图片注视概率的模式为 A = T, A > AC, T > AC；从 401 ms 开始对 T 图片的注视概率显著高于其他三类图片，说明被试从此刻开始已经模拟了事件的实际状态，总体注视概率模式为 A > T > AC > C。

加工弱语义连接否定句的结果显示，在早期阶段，被试对 N 图片的注视概率高于对 T 图片的注视概率。该结果说明，如果没有强语义连接的辅助，被试就无法在早期模拟事件的实际状态。早期阶段的数据模式符合三类研究假设的预期。在晚期阶段，被试从 801 ms 开始便对 T 图片的注视概率高于其他三类图片的注视概率，并且对 N 图片的注视概率从 1001 ms 开始低于随机概率。晚期的数据模式与两步模拟假设和符号相互依存假设的预测一致，说明在此阶段被试进行了模拟加工，仅保持对事件实际状态的模拟，结果支持抑制假设。

综合分析实验 1 和实验 2 的研究结果。在早期阶段，加工强语义连接否定句时，被试对 N 图片和 T 图片的注视概率没有差异，说明被试在强语义连接的辅助下表征事件否定状态的同时就表征了事件的实际状态；而加工弱语义连接否定句时，被试

表 2 弱语义连接否定句条件下四类图片在不同时窗的注视概率(%)差异比较

时窗(ms)	$F1(3,96)$	$F2(3,132)$	p (T−N)	p (T−NC)	p (N−NC)	p (NC−C)
201~300	15.51	3.64	0.532/0.976	0.000/0.004	0.000/0.002	0.006/0.127
301~400	39.49	6.84	0.157/0.898	0.000/0.000	0.000/0.000	0.004/0.148
401~500	106.69	15.66	0.025/0.891	0.000/0.000	0.000/0.000	0.280/0.545
501~600	206.72	30.51	0.028/0.914	0.000/0.000	0.000/0.000	0.360/0.538
601~700	282.41	40.33	0.066/0.952	0.000/0.000	0.000/0.000	0.034/0.357
701~800	455.11	63.09	0.176/0.116	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.102
801~900	786.30	84.02	0.000/0.002	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.097
901~1000	224.38	98.79	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.000	0.001/0.110
1001~1100	898.79	106.01	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.000	0.003/0.108
1101~1200	398.04	120.90	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.000	0.004/0.090
1201~1300	512.24	138.57	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.000	0.017/0.171
1301~1400	536.91	161.55	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.002	0.063/0.257
1401~1500	604.22	208.10	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.009	0.124/0.204
1501~1600	629.14	248.87	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.014	0.423/0.236
1601~1700	645.34	253.26	0.000/0.000	0.000/0.000	0.000/0.045	0.982/0.005

注：p (T – N)表示事后统计检验图片 T 与图片 N 之间差异比较的 p 值，其中 0.000 表示 $p < 0.001$;同理 p (T – NC), p (T – C), p (N – NC)分别表示不同图片之间事后检验的统计结果。

chinaXiv:202303.08517v1

ChinaXiv合作期刊

对 N 图片的注视概率高于对 T 图片的注视概率，说明失去了强语义连接的辅助，被试在早期阶段只能表征事件的否定状态，通达事件实际状态的时间就要延后。两个实验的结果说明了语义连接强度在早期阶段可以起作用，该结果证明了被试理解否定句需要进行命题符号加工。在晚期阶段，两个实验的被试都对 T 图片的注视概率高于 N 图片，并且对 N 图片的注视概率会在 1001 ms 时刻开始低于随机概率。结果说明被试在否定句理解的晚期只会模拟事件的实际状态，并且对事件否定状态的模拟产生了抑制作用，因此支持了模拟加工的存在。综合两个实验前期后期的数据，我们可以得出这样的结论：否定句的加工需要命题符号加工和经验模拟加工的共同作用，支持符号相互依存假设。

4　总讨论

本研究采用 2 个眼动实验探讨了强弱语义连接否定句的加工机制。实验 1 主要考察强语义连接否定句(胳膊不是弯曲的)的加工机制。结果发现，在 201~600 ms 时窗，被试对 N 图片和 T 图片的注视概率没有差异，但是均高于控制图片；从 601 ms 时刻开始，被试对 T 图片的注视概率高于对其他三类图片的注视概率；并且从 1001 ms 开始，被试对 N 图片的注视概率低于随机水平(25%)，结果支持抑制假设。实验 2 主要考察弱语义连接否定句(裙子不是蓝色的)的加工机制。结果发现，在 401~600 ms 时窗，被试对 N 图片的注视概率要高于对 T 图片的注视概率；从 801 ms 时刻开始，被试对 T 图片的注视概率一直高于对其他三类图片的注视概率，并且从 1001 ms 开始对 N 图片的注视概率一直低于随机概率(25%)，结果支持抑制假设。实验结果表明：在强语义连接条件下，理解者能够在符号层快速通达反义语义概念，从而在早期便模拟了事件的实际状态；在晚期仅保持了对事件实际状态的模拟，说明被试此时抑制了对事件否定状态的表征，支持模拟加工和抑制假设。然而，在弱语义连接条件下，由于符号层之间的连接相对较弱，理解者在早期只模拟了事件的否定状态，晚期才模拟事件的实际状态，并且抑制了对事件否定状态的模拟，结果支持模拟加工和抑制假设。

本研究的实验结果为命题理论与经验模拟假设的理论融合提供证据支持。命题理论与经验模拟假设的争论实质上反映的是符号表征(symbolic representation)和具身认知理论(embodied cognition)两大阵营的争论，而符号表征理论和具身认知理论分别代表了第一代和第二代认知理论(de Vega et al., 2008；陈广耀等, 2014a)。如果语言理解只能进行知觉经验模拟，那么语言符号之间的语义连接强度便不起作用，实验 1 与实验 2 的加工结果应该一致。在早期，被试都对描述事件否定状态的图片注视概率高于其他三类图片；在晚期，都对描述事件实际状态图片的注视概率高于其他三类图片，并且支持抑制假设。如果知识表征只能是命题符号性的，那么语义连接强度会影响不同否定句的加工机制。在早期，实验 1 与实验 2 的加工结果应该不同；在早期，在强语义连接关系的语境下，被试会在更早时期表现出对描述事件实际状态图片的注视概率更高；在晚期，被试对描述事件否定状态图片的注视概率保持在随机水平以上，支持保存假设。如果语言理解是符号加工和知觉模拟共同起作用的结果，那么语义连接强度会影响不同否定句的加工机制。在早期，在强语义连接语境下，被试会在更早时期表现出对描述事件实际状态图片的注视概率更高；在晚期，被试对描述事件实际状态图片的注视概率更高，但是对描述事件否定状态图片的注视概率要低于随机概率，支持抑制假设。综合来看，本研究两个实验的结果只与符号相互依存假设的预期一致，即语言理解需要符号加工与知觉模拟共同起作用。在早期，不同语义连接强度导致两个实验的数据模式是不同的，该现象支持了符号加工的正确性；在晚期，两个实验的被试对描述事件否定状态图片的注视概率降低至随机水平以下，说明此时被试仅仅保持了对事件实际状态的模拟，抑制了对事件否定状态的激活，支持了模拟加工的正确性。综上所述，本研究的实验结果为两大认知理论的理论融合提供了直接的证据支持。

本研究主要有以下几个方面的贡献。首先，实验结果验证了符号依存假设的正确性；其次，本研究修订了 ABASM 模型中“锚”的解释。以往认为“锚”特指是对事件否定状态的模拟，是对指代物的模拟。但是，从本研究的研究结果来看，被试加工强语义连接否定句时，在早期对 N 图片和 T 图片的注视概率没有差异，也就是说被试在命题符号层面快速激活通达，并同时产生对各自指代物的模拟；而加工弱语义连接否定句时，被试在早期对 N 图片的注视概率高于对 T 图片的注视概率，说明命题符号之间的连接相对较弱，模拟事件实际状态相对较晚。综合来看，说明 ABASM 模型中的“锚”并不单

chinaXiv:202303.08517v1

ChinaXiv合作期刊

单是对事件否定状态的模拟，而应该是描述事件否定状态的言语符号，即锚激活与限制满足模型的“锚”是命题符号，而不是对事件否定状态的模拟。最后，本研究对否定句的重新分类更加科学，新的分类可以涵盖所有否定句。陈广耀等人将离散型否定句划分为结果确定离散型否定句和结果不确定离散型否定句，而本研究将否定句分为强语义连接否定句和弱语义连接否定句，既可以包括结果离散型的否定句也可以表示结果连续型的否定句，如“马路不是宽的”等。结果确定离散型否定句本质上属于强语义连接否定句的一种，备择选项只有一个，如“胳膊不是弯曲的”只能表示胳膊是伸直的；而结果不确定离散型否定句属于弱语义链接否定句，句子的备择选项不止一个，状态词与探测词之间不是反义词，如“裙子不是蓝色的”中“蓝色的”与“红色的”不是一对反义词。以上是本研究对已有研究的几点突破。

本研究为解决“否定加工能否自动化”这一争论焦点提供了证据支持。当前存在两种观点，第一种认为否定加工是阶段化的，是基于意识控制的，当前大多数研究者支持该观点(Kaup et al., 2006; 高志华等, 2011)。第二种认为否定加工过程是自动化还是阶段化取决于个体对加工任务的熟练程度。如果加工者对加工任务相当熟悉，并且认知资源充裕，个体就倾向于采用整合加工策略，即自动化加工策略；相反，如果个体对加工任务不够熟练或者认知资源不够充裕，就会选择阶段化的控制加工策略，如两步模拟加工策略等(Smith & Lerner, 1986; Smith, Branscombe, & Borman, 1988; Deutsch, Kordts-Freudinger, Gawronski, & Strack, 2009)。在本研究中，我们是这样呈现实验材料的，首先播放 1200 ms 的语音，然后开始呈现图片材料，也就是说语音材料与图片材料有 800 ms 的重叠期。从实验结果来看，实验 1 的被试从 601 ms 开始对 T 图片的注视概率高于其他图片，实验 2 的被试从 801 ms 对 T 图片的注视概率更高，也就是说大多数被试在句子听完后就已经完成对否定句的加工了。这种听完句子就完成理解的现象，让部分研究者认为否定加工可以达到自动化水平，而事实上，被试仍然需要分阶段完成对否定句的理解。本研究支持否定加工是阶段化的。

当然，本研究也可能因为以下几点影响结果的说服力。首先，两个实验采用的被试反应方式不同，实验 1 采用被试按游戏手柄的方式来选择图片，而实验 2 采用按键盘按键的方式来进行图片选择。其次，实验材料句式相对比较单一，容易使被试形成策略，造成练习效应。第三，本研究采用的语料都是比较具体的易于进行知觉模拟的概念，而涉及抽象概念的否定句的加工机制是否符合综合理论模型的预期尚不清楚，还需要进一步的实验证据，未来将再设计研究来进行验证。第四，主语的生命性也有可能会影响被试对不同实验图片的注视。在本研究采用的实验物体大多是没有生命的，如裙子，只有少量实验实物具有生命性，如胳膊。未来我们将会把主语的生命性作为一个实验因素来验证该假设，即主语生命性是否会影响对否定句的加工机制。最后，本研究探讨的否定句是相对比较简单的否定句，仍然有比较复杂的否定句，如双重否定句、祈使否定句和反问句等，未来对否定句的探讨需要由简单否定句向复杂否定句拓展。

5 结论

研究结果表明，否定加工是命题符号加工和经验模拟加工共同作用的结果，结果支持符号相互依存假设。

参 考 文 献

Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol system. *Behavioral and Brain Sciences, 22*, 577–609.

Carpenter, P. A., & Just, M. A. (1975). Sentence comprehension: A psycholinguistic processing model of verification. *Psychological Review, 82*, 45–73.

Chen, G. Y., Chen, Y. X., Deng, Y. M., & He, X. Y. (2016). The processing of isolated negative sentences with uncertain discrete results: The justification of anchor-based activation and satisfaction constrained model. *Psychology Science, 39*(5), 1064–1070.

[陈广耀, 陈颖心, 邓玉梅, 何先友. (2016). 结果不确定离散型否定句加工机制: 锚激活与限制满足模型的修正与补充. *心理科学, 39*(5), 1064–1070.]

Chen, G. Y., Wu, M. Y., Wei, X. P., Zhou, M., He, X. Y., & Mo, L. (2014a). The processing of isolated negative sentences with uncertain states. *Acta Psychologica Sinica, 46*(2), 204–215.

[陈广耀, 吴洺仪, 魏小平, 周苗, 何先友, 莫雷. (2014a). 状态不确定独立否定句的加工机制. *心理学报, 46*(2), 204–215.]

Chen, G. Y., Zhang W., Chen, Q., Zhao, X. R., & He, X. Y. (2014b). The processing of isolated negative sentences with uncertain states: Evidence from eye-movement experiments. *Acta Psychologica Sinica, 46*(10), 1426–1441.

[陈广耀, 张维, 陈庆, 赵雪汝, 何先友. (2014b). 类别型状态不确定独立否定句的加工机制: 来自眼动实验的证据. *心理学报, 46*(10), 1426–1441.]

Clark, H. H., & Chase, W. G. (1972). On the process of comparing sentences against pictures. *Cognitive Psychology, 3*, 472–517.

Cui, R. X., Gao Z. H., Tang, Y. L., He, H. P., & Lu, Z. Y.

chinaXiv:202303.08517v1

ChinaXiv合作期刊

(2016). The two-steps mental simulation process of Chinese definite unbounded negative sentences. *Acta Psychologica Sinica, 48*(6), 607–616.

[崔如霞，高志华，唐艺琳，何皓璠，鲁忠义. (2016). 汉语确定性无界否定句模拟加工的时间进程. *心理学报, 48*(6), 607−616.]

de Vega, M., Glenberg, A. M., & Grasser, A. C. (2008). *Symbols and embodiment: Debates on meaning and cognition*. Oxford, UK: Oxford University Press.

Déprez, V., Tubau, S., Cheylus, A., & Espinal, M. T. (2015). Double negation in a negative concord language: An experimental investigation. *Lingua, 163*, 75–107.

Deutsch, R., Kordts-Freudinger, R., Gawronski, B., & Strack, F. (2009). Fast and fragile: A new look at the automaticity of negation processing. *Experimental Psychology, 56*(6), 434–446.

Fiedler, K., Walther, E., Armbruster, T., Fay, D., & Naumann, U. (1996). Do you really know what you have seen? Intrusion errors and presuppositions effects on constructive memory. *Journal of Experimental Social Psychology, 32*, 484–511.

Gao, Z. H., & Lu, Z. Y. (2009). On psychological implications of negation. *Journal of Hebei Normal University (Educational Science Edition, 11*(7), 91–95.

[高志华，鲁忠义. (2009). 否定的心理学内涵. *河北师范大学学报(教育科学版), 11*(7), 91–95.]

Gao, Z. H., Lu, Z. Y., & Ma, H. X. (2011). The simulation process of Chinese simple negative declarative sentence. *Acta Psychologica Sinica, 43*(12), 1380–1387.

[高志华，鲁忠义，马红霞. (2011). 汉语简单否定陈述句理解的心理模拟过程.*心理学报, 43*(12), 1380–1387.]

Giora, R. (2006). Anything negatives can do affirmatives can do just as well, except for some metaphors. *Journal of Pragmatics, 38*, 981–1014.

Giora, R., Fein, O., Aschkenazi, K., & Alkabets-zlozover, I. (2007). Negation in context: A functional approach to suppression. *Discourse Processes, 43*(2), 153–172.

Giora, R., Heruti, V., Metuki, N., & Fein, O. (2009). "When we say no we mean no": Interpreting negation in vision and language. *Journal of Pragmatics, 41*, 2222–2239.

Hasson, U., & Glucksberg, S. (2006). Does understanding negation entail affirmation? : An examination of negated metaphors. *Journal of Pragmatics, 38*, 1015–1032.

He, X. Y., Chen, G. Y., & Hu, L. (2010). On the processing of "Negation" in psycholinguistics. *Journal of South China Normal University (Social Science Edition),* (2), 59–67.

[何先友，陈广耀，胡玲. (2010). "否定"加工的心理语言学研究. *华南师范大学学报(社会科学版),* (2), 59–67.]

Horn, L. (2001). *A natural history of negation* (2nd edn.). Chicago: University of Chicago Press

Huettig, F., & McQueen, J. M. (2007). The tug of war between phonological, semantic, and shape information in language-mediated visual search. *Journal of Memory and Language, 54*, 460–482.

Kaup, B., Lüdtke, J., & Zwaan, R. A. (2006). Processing negated sentences with contradictory predicates: Is a door that is not open mentally closed? *Journal of Pragmatics, 38*, 1033–1050

Kaup, B., Lüdtke, J., & Zwaan, R. A. (2005). Effects of negation, truth value, and delay on picture recognition after reading affirmative and negative sentences. In G. Bruno, L. B. Bara, & M. Bucciarelli (Eds.), *Proceedings of the 27th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Kaup, B., & Zwaan, R. A. (2003). Effects of negation and situational presence on the accessibility of text information. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 29*, 439–446.

Kintsch, W., & van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological Review, 85*, 363–394.

Louwerse, M. M. (2010). Symbol interdependency in symbolic and embodied cognition. *Topics in Cognitive Science, 3*, 273–302.

Louwerse, M. M., & Jeuniaux, P. (2008). Language comprehension is both embodied and symbolic. In M. de Vega, A. Glenberg, & A. C. Graesser (Eds.), *Embodiment and meaning: A debate* (pp. 309–326). Oxford, England: Oxford University Press.

Macdonald, M. C., & Just, M. A. (1989). Changes in activation levels with negation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 15*(4), 633–642.

Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart, and Winston.

Rubaltelli, E., & Slovic, P. (2008). Affective reactions and context-dependent processing of negations. *Judgment and Decision Making, 3*(8), 607–618.

Smith, E. R., Branscombe, N. R., Bormann, C. (1988). Generality of the effects of practice on social judgment tasks. *Journal of Personality and Social Psychology, 54*(3), 385–395.

Smith, E. R., & Lerner, M. (1986). Development of automatism of social judgments. *Journal of Personality and Social Psychology, 50*(2), 246–259.

Xiang, M., Grove, J., & Giannakidou, A. (2016). Semantic and pragmatic processes in the comprehension of negation: an event related potential study of negative polarity sensitivity. *Journal of Neurolinguistics, 38*, 71–88.

Zanuttini, R. (1997). *Negation and clausal structure: A comparative study of Romance languages*. Oxford: Oxford University Press.

Zwaan, R. A., Stanfield, R. A., & Yaxley, R. H. (2002). Language comprehenders mentally represent the shapes of objects. *Psychological Science, 13*, 168–171.

Zwaan, R. A., & Taylor, L. J. (2006). Seeing, acting, understanding: Motor resonance in language comprehension. *Journal of Experimental Psychology: General, 135*(1), 1–11.

chinaXiv:202303.08517v1

ChinaXiv合作期刊

The processing of negative sentences in different semantic context

CHEN Guangyao; HE Xianyou; LIU Tao

([1] *Journalism and Communication College/Media State-level Experimental Teaching Demonstration Center, Jinan University, Guangzhou* 510632, *China*) ([2] *School of Psychology, South China Normal University/Centre for Studies of Psychological Application, Guangzhou* 510631, *China*)

Abstract

Affirmation and negation are two main semantic and grammatical categories in any language. The propositional theory and experiential-simulations view were proposed to explain the processing mechanism of negative sentences. Both of their supporters have supplied plenty of empirical evidence, but neither of them can beat each other. Thus, the comprehensive theories, such as dual coding theory, LASS and symbolic interdependency hypothesis have been proposed to fill the gap. In the present study, we design two eye-tracking experiments to lend further support to comprehensive theories.

In the two experiments, eye-tracking technical was adopted to explore the processing mechanism of negative sentences in different semantic contexts. In Experiment 1, the alternative choices (e.g., *outspread arm*) presented to the participants have close semantic connection with the negated events of the sentences (e.g., *the arm isn't crooked*); In Experiment 2, the alternative choices (e.g., *black skirt*) presented to the participants have relatively weak semantic connection with the depicted negative events (e.g., *the skirt isn't blue*). In summary, 'blue-black' has relatively weaker semantic connection than that of '*outspread-crook*'. In these two eye-tracking experiments, voice was used to present the negative sentence, and the corresponding pictures were presented at the moment of reading the words depicting the negated state (e.g., *crook*/*blue*). And the participants' task was to choose which picture matched the sentence.

The results demonstrated that, at the early stage of processing, there was no difference between the fixation probabilities to pictures depicting the negated state of affairs (*crooked arm*) and their alternative (*outspread arm*) in experiment 1 at time window 201~600 ms. In contrast, participants had higher fixation probabilities to pictures depicting the negated state of affairs (blue skirt) than that to pictures depicting the alternatives in experiment 2 at time window 401~600 ms. Then at the later stage, participants showed higher fixation probabilities to the pictures depicting alternatives to the pictures depicting the negated state of affairs from 601 ms in experiment 1 and 801ms in the experiment 2. Besides, the fixation probabilities to the pictures depicting the negated states were lower than the random level after 1001 ms in both of the two experiments.

The results from the two experiments showed that, both propositional process and simulating process are necessary when processing negative sentences. Compared with processing negative sentence in weak semantic context, it's easier for participants to get the actual state of event with the help of strong semantic context. In addition, participants will not keep the simulation of the negated state of event in his mind, which supports suppression hypothesis. In summary, the results support the symbolic interdependency hypothesis as well as suppression hypothesis.

Key words negation; context; symbolic interdependency hypothesis; two-step simulation hypothesis; anchor-based activation and satisfaction constrained mode

chinaXiv:202303.08517v1